

【特許請求の範囲】

【請求項1】 遠隔操縦装置からの指令に従って走行の制御を行う遠隔操縦モードと、予め定義された走行ルートに沿って進行するように自律走行する自律走行モードとを併有する無人車において、

車両の位置および状態を検出する検出手段と、

a. 前記検出手段によって検出された車両の状態に基づいて操舵角および車速に関する規制値を演算し、

b. 自律走行モードにおいては、前記走行ルートと前記検出手段によって検出された車両の位置とのずれに基づいて操舵角および車速の目標操縦量を演算し、この目標操縦量を前記規制値によって規制することにより命令操縦量を決定し、この命令操縦量に従って車速および操舵角を制御し、

c. 遠隔操縦モードにおいては、前記遠隔操縦装置から与えられる命令操縦量を前記規制値によって規制し、この規制のなされた命令操縦量に従って車速および操舵角を制御する制御手段と、

を具備することを特徴とする無人車。

【請求項2】 前記制御手段は、予め定義された走行不可能領域に車両が進入した場合に車両を停止させることを特徴とする請求項1記載の無人車。

【請求項3】 前記制御手段は、前記自律走行モードにおいて、前記車両が前記走行ルートから所定の距離以内にある場合に前記目標操縦量の演算、前記命令操縦量の決定をし、前記車速および操舵角の制御を行うものであり、前記遠隔操縦モードから前記自律走行モードへの切替時に前記車両が前記走行ルートから前記所定の距離以上離れている場合には前記車両を停止させることを特徴とする請求項1または2のいずれか1の請求項に記載の無人車。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、操縦者の搭乗を必要としないゴルフカート等の無人車に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、この種の無人車として、遠隔操縦装置からの指令に従って車速および操舵角の制御が行われる遠隔操縦モードと、予め記憶された経路地図情報等に基づき所定の走行ルートに沿って走行する自律走行モードとを併有する無人車があった。

【0003】また、この種の無人車を用いたシステムとして、無人車にステレオカメラ、ステレオマイク等を搭載しておき、これらにより車両周囲の環境を検出して遠隔操縦装置へ送信し、遠隔操縦装置側にて視覚情報、聴覚情報として再現するようにしたものがあった。かかるシステムは、遠隔操縦装置を使用する操縦者が、無人車の周囲の環境を確認しつつ容易に無人車の遠隔操縦を行うことができるという利点がある。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上述した従来の無人車は、自律走行モードを利用することにより操作の負担を減らすことができ、遠隔操縦モードを利用することにより自由度の高い走行を行うことができるという利点を有するが、以下の問題があった。

【0005】①遠隔操縦モードにおいて、走行不可能な領域に無人車を進入させたり、斜面において急操舵を行ったりする可能性があり、そのような事態が生じないように遠隔操縦者が無人車の状態を常時正確に把握していなければならない、遠隔操縦者の負担が大きい。

②遠隔操縦走行モードから自律走行モードへ切替える際、遠隔操縦により無人車を自律走行の走行ルートへ復帰させる必要があり、そのための操作が煩わしい。

【0006】この発明は、上述した事情に鑑みてなされたものであり、遠隔操縦の際の操縦者の負担を軽減した無人車を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】請求項1に係る発明は、遠隔操縦装置からの指令に従って走行の制御を行う遠隔操縦モードと、予め定義された走行ルートに沿って進行するように自律走行する自律走行モードとを併有する無人車において、車両の位置および状態を検出する検出手段と、

a. 前記検出手段によって検出された車両の状態に基づいて操舵角および車速に関する規制値を演算し、

b. 自律走行モードにおいては、前記走行ルートと前記検出手段によって検出された車両の位置とのずれに基づいて操舵角および車速の目標操縦量を演算し、この目標操縦量を前記規制値によって規制することにより命令操縦量を決定し、この命令操縦量に従って車速および操舵角を制御し、

c. 遠隔操縦モードにおいては、前記遠隔操縦装置から与えられる命令操縦量を前記規制値によって規制し、この規制のなされた命令操縦量に従って車速および操舵角を制御する制御手段と、を具備することを特徴とする無人車を要旨とする。

【0008】請求項2に係る発明は、前記制御手段は、予め定義された走行不可能領域に車両が進入した場合に車両を停止させることを特徴とする請求項1記載の無人車を要旨とする。請求項3に係る発明は、前記制御手段は、前記自律走行モードにおいて、前記車両が前記走行ルートから所定の距離以内にある場合に前記目標操縦量の演算、前記命令操縦量の決定をし、前記車速および操舵角の制御を行うものであり、前記遠隔操縦モードから前記自律走行モードへの切替時に前記車両が前記走行ルートから所定の距離以上離れている場合には前記車両を停止させることを特徴とする請求項1または2のいずれか1の請求項に記載の無人車を要旨とする。

【0009】

【作用】上記請求項1に係る発明によれば、遠隔操縦モ

ードにおいても、遠隔操縦装置からの命令操縦量が、自律走行モードにおいて目標操縦量を規制する規制値と同様な規制値により規制されるので、現在の車両の状態にとって不適当な操縦が防止される。上記請求項2に係る発明によれば、走行不可能領域への無人車の進入が防止される。上記請求項3に係る発明によれば、遠隔操縦モードから自律走行モードへのモード切替時に車両が走行ルートから所定の距離以内にある場合は、車両の位置を走行ルートに戻す制御が行われる。

【0010】

【実施例】以下、図面を参照し、本発明の一実施例について説明する。

A. 実施例の構成

図1はこの発明の一実施例による無人車システムの機能構成を示すブロック図である。また、図2は、同実施例において使用する各種センサ類、各種制御手段の配置を示すものである。以下、これらの図を参照し本実施例の構成を説明する。

【0011】図1に示すように、この無人車システムは、遠隔操縦装置50と、無人車100とにより構成されている。まず、遠隔操縦装置50は、操縦命令入力手段51、車両状態表示手段52、車両周囲視覚・聴覚情報再現手段53、通信手段54および受信手段55を有している。操縦命令入力手段51は、操縦モードの設定指令、走行停止指令等の各種命令、遠隔操縦モードでの無人車の車速、操舵量等を指定する命令操縦量を遠隔操縦者が入力するための手段であり、キーボード、ジョイスティック等によって構成されている。通信手段54は、操縦命令入力手段51により入力された各情報を無人車100へ向けて送信する一方、車速、現在位置、操舵角等の無人車100に関する車両データを無人車100から受信する。車両状態表示手段52は、ディスプレイによって構成されており、通信手段54を介して受信した車両データを表示する。車両周囲視覚・聴覚情報再現手段53は、ディスプレイおよびスピーカによって構成されており、無人車100から受信手段55を介して受信される車両周囲視覚情報および車両周囲聴覚情報（後述）を各々遠隔操縦者に提供する。

【0012】一方、無人車100は、通信手段101、車両周囲視覚・聴覚情報検出手段102、送信手段103、コントローラ110、符号121～125によって示した各種センサ類、車速制御手段131および操舵制御手段132により構成されている。

【0013】通信手段101は、前述した遠隔操縦装置50からの各種指令、命令操縦量を受信してコントローラ110へ供給する一方、コントローラ110により求められた車両データを遠隔操縦装置50へ送信する。車両周囲視覚・聴覚情報検出手段102は、無人車100の車体前部に配置された左右2チャンネルからなるステレオカメラ・マイク102Lおよび102Rによって構成

されている。これらにより無人車100の周囲の光景を表す車両周囲視覚情報および無人車100の近辺において発生した音を表す車両周囲聴覚情報が採取され、送信手段103を介して送信される。この車両周囲視覚・聴覚情報が、遠隔操縦装置50の受信手段55によって受信され、車両周囲視覚・聴覚情報再現手段50により再生画像、再生音声として遠隔操縦者に提供される。従って、遠隔操縦者は、これらの再生画像および再生音声に基づいて無人車100の周囲の状況を把握し、無人車100の遠隔操縦を行うことができる。

【0014】次に無人車100の各部に取り付けられた各種センサ類について説明する。位置認識手段121は、無人車100の現在位置を認識するために設けられた手段である。本実施例では、基本的には車輪の回転に基づいて無人車100の移動量と移動方向を計測し、この計測結果に従って逐次現在位置を演算してゆく。しかし、この方法のみを用いたのでは移動量、移動方向の計測を繰り返す毎にそれらの計測誤差が累積してゆき、演算により求められる現在位置の誤差が次第に大きくなってゆく。そこで、本実施例においては、無人車100が走行するルート上に現在位置確認のための反射板を複数設けておき、これらを利用して走行中に車輪の回転に基づいて演算された無人車100の現在位置および方位を修正するようにしている。走行中での現在位置および方位の修正を行うため、走行路に沿って3個以上の反射板が予め配置され、無人車100には上記位置認識手段121として図2に示すレーザ位置検出装置121aが設けられている。無人車100が反射板を通過する際には、レーザ位置検出装置121aにより、各反射板へ向けてレーザ光が順次出射されると共に、各反射板から戻ってくる各反射光の方向が順次検出される。そして、各反射光の方向の検出結果と、各反射光を順次検出する間の無人車100の移動距離・方向と、各反射板の位置とに基づいて無人車100の正確な現在位置および方位が演算される。なお、この方法については特開平2-161373号公報に開示されている。

【0015】車輪回転検出手段122は、図2に示すロータリエンコーダ122Lおよび122Rによって構成されている。これらのロータリエンコーダ122Lおよび122Rは、図示の通り、左右後輪RLおよびRRの各車軸に取り付けられており、各車軸が一定量回転する毎にパルス信号を各々出力する。コントローラ110は、一定時間内に各ロータリエンコーダが出力するパルス信号をカウントすることにより各車輪の回転速を求める。

【0016】操舵角検出手段123は、図2に示すロータリエンコーダ123aによって構成されている。このロータリエンコーダ123aは、図示の通り、左右の前輪FLおよびFRを操舵するハンドル軸Hにギアを介して結合されており、ハンドル軸Hが所定角度回転する毎

にパルス信号を出力する。コントローラ110は、このパルス信号をカウントすることにより操舵角を求める。

【0017】車体傾斜角検出手段124は、車体の傾斜角を検出し、この傾斜角を示す信号を出力する。

【0018】障害物検出手段125は、多数のセンサを線状配置した一次元センサによって構成されており、図2に示すように、その長手方向を車幅方向に一致させて無人車100の前面部に取り付けられている。この一次元センサを構成する各センサにより車両前方の一定範囲内に存在する障害物が検出され、障害物を検出したセンサからは障害物までの距離に応じた大きさの検出信号が得られる。コントローラ110は、障害物検出手段125の各センサから得られる検出信号に基づいて、障害物が車両前方のいずれの位置にあるかを認識し、障害物を回避するための走行制御を行う。

【0019】次に車速制御手段131および操舵制御手段132について説明する。まず、車速制御手段131は、本実施例では図2に示すモータドライバ131MDによって構成されている。このモータドライバ131MDは、コントローラ110から与えられる車速命令値に対応した速度でモータ131Mを回転させる。このモータ131Mから得られた回転駆動力は変速機構（差動機構を含む）131Vを介して後輪の車軸へ伝達され、かくして後輪RLおよびRRは車速命令値に対応した速度で回転することとなる。

【0020】次に操舵制御手段132は、本実施例では図2に示すモータドライバ132MDによって構成されている。このモータドライバ132MDは、コントローラ110から与えられる操舵命令値に対応した速度でモータ132Mを回転させる。このモータ131Mから得られた回転駆動力はギアによって減速されてハンドル軸Hに伝達され、かくしてハンドル軸Hは操舵命令値に対応した速度で回転することとなる。

【0021】次にコントローラ110について説明する。本実施例における無人車100は、予め記憶した走行コースに沿って走行する自律走行モードと、遠隔操縦装置50から与えられる命令操縦量に従って車速、操舵角の制御を行う遠隔操縦モードとを併有している。本実施例におけるコントローラ110は、このような自律走行モードおよび遠隔操縦モードの各モードにおいて無人車100を機能させるための制御を行うものであり、かかる制御を行うための構成要素として、CPU11、メモリ部112、走行モード判断処理部113、車速出力部114、操舵出力部115およびコントローラ外部の要素との情報を授受を行うためのインタフェース（図1では“I/F”と記された各ボックス）を有している。

【0022】まず、メモリ部112は、CPU11が無人車100の制御を行う際に必要とされる情報を記憶している。これらの情報のうち主要なものを列挙すると次の通りである。

【0023】<経路地図情報>経路地図情報は、無人車100の進路等を決定する際に参照される情報であり、無人車100が走行する環境を定義する各種情報によって構成されている。図3および図4は、この経路地図情報によって定義された無人車100の走行環境を例示するものである。以下、これらの図を参照し、経路地図情報の詳細を説明する。

【0024】a. 走行ルートを定義する情報

自律走行モードにおいて、無人車100は所定の走行ルートに沿って進行する。図3において、符号200によって示す破線はこの走行ルートを例示するものである。また、本実施例においては、制御の便宜のため、図4に例示するように走行ルートが複数の経路に区分されており、これらの各経路には経路番号と呼ばれる一連の番号が付与されている。図4において、P1、P2、P3、…は各々走行ルート200を構成する経路のうち経路番号が1、2、3、…の各経路である。経路地図情報には、これらの各経路を構成する円弧または直線を定義する情報が含まれている。また、CH12、CH23、CH34は各経路の境界線である経路番号切替え線を示しており、CHijは経路番号がiである経路Piと経路番号がjである経路Pjとを区分する経路番号切替え線である。経路地図情報には、これらの各経路番号切替え線を定義する情報が含まれている。

【0025】b. 走行可能領域と走行不可能領域の境界を定義する情報

図3において、符号201によって示される各領域は、自律走行の走行ルートではないが遠隔操縦走行が可能な領域を表している。また、この領域においては、遠隔操縦走行から自律走行への移行が可能である。符号202によって示される領域は、遠隔操縦走行、自律走行共に不可能な領域、すなわち、無人車100が進入してはならない領域を示している。経路地図情報には、これらの各領域の境界を定義する情報が含まれている。

【0026】c. 各経路毎の目標操縦量

自律走行モードにおいては、各経路毎に所定の目標車速を設定し、無人車100を走行させる。この制御を行うため、各経路毎の目標車速を指定する指示車速データを経路地図情報に含ませている。

【0027】<舵角規制値マップ>無人車100の走行中、舵角がある一定の限度を越えると走行に乱れが生じ、最悪の場合には横転等の事故が起こり得る。このような不具合が生じないようにするためには、許容範囲を超えた舵角とならないように舵角を規制する必要があるが、この舵角の許容範囲は無人車100の車速および車体傾斜角に依存する。そこで、本実施例では、図5に示すように、無人車100の車速Viおよび傾斜角σjの各組合せ毎に舵角の許容範囲の上限値である舵角規制値φijを定義した舵角規制値マップをメモリ部112に予め記憶しておき、実際の無人車100の走行時において

は、常時、その時点での車速および傾斜角に対応した舵角規制値を読み出し、舵角を規制するようにしている。

【0028】<他の規制値のマップ>無人車100の走行を安定化を担保すべく、上記舵角規制値マップと同様な趣旨のマップがメモリ部112に各種記憶されている。例えば次のようなものがある。

- a. 目標舵角に対応した車速規制値のマップ
- b. 現在舵角に対応した車速規制値のマップ
- c. 命令操舵量に対応した車速規制値のマップ

【0029】走行モード判断処理部113は、遠隔操縦装置50からの指令に従って無人車100の操縦モードを決定し、さらに障害物検出手段125による障害物の検出結果とCPU111によって求められた無人車100の状態とに基づいて走行モードを決定し、走行モードを表す情報をCPU111に供給すると共にインタフェースおよび通信手段101を介して遠隔操縦装置50へ送る。図6に走行モード判断処理部113が走行モードを決定する際の判断基準となるデシジョンテーブルを示す。

【0030】CPU111は、コントローラ110が行う上記制御の中核をなすものであり、所定のプログラムを実行することにより、各走行モードに対応した無人車100の制御を行う他、遠隔操縦装置50との間の通信の制御、モード設定等といった各種制御を行う。CPU111がプログラムに従って実行する処理は、その処理内容により、現在値演算処理部、障害回避経路演算処理部、自律走行復帰経路演算処理部および操作用出力量演算処理部に区分され、操作用出力量演算部はさらに車速演算処理部および操舵量演算処理部に区分される。図1では、これらの各処理を構造的に理解するのを容易にするため、各々をボックスによって表すと共に、各処理間のデータの引き渡しおよび各処理とCPU外部の要素との間のデータの引き渡しの様子をボックス間を結ぶ矢印によって表している。なお、各処理の内容については、説明の重複を避けるため、本実施例の動作の説明の際に明らかにする。

【0031】車速出力部114は、CPU111によって求められた車速命令値をインタフェースを介して車速制御手段131へ供給する。また、操舵出力部115は、CPU111によって求められた操舵命令値をインタフェースを介して操舵制御手段132へ供給する。

【0032】B. 実施例の動作

無人車100が始動されると、CPU111は図7にフローを示すようにステップS1～S10の各処理からなる制御サイクルを繰り返す。各制御サイクルにおいて、ステップS1に進むと、走行モード判断処理部113から現在の走行モードを指定する情報を受信し、ステップS7において、この受信した走行モードを現在の走行モードとして設定する。他のステップにおいては、現在設定されている走行モードに対応した内容を処理を行う。

以下、各走行モード毎に本実施例の動作を説明する。

【0033】(1) 自律通常走行モード

自律走行モードにおいて、障害物が検出されない場合、走行モード判断処理部113は、図6に示すデシジョンテーブルに従い、走行モードを自律通常走行モードとする。この結果、以下のように各ステップの処理が行われる。

【0034】まず、ステップS2においては、CPU111は現在値演算処理部の処理を実行し、無人車100の現在の各操縦量を演算する。具体的には、次の処理を行う。

a. 車体傾斜角検出手段124を介して無人車100の車体傾斜角を検出する。

b. 無人車100の車速の演算

左右後輪RLおよびRRの各回転速を車輪回転速検出手段122を介して検出し、これらと左右後輪の直径から各車輪の速度を計算し、各車輪の速度を平均することにより後輪の車軸の中心部の速度を求め、無人車100の車速とする。この際、車体傾斜による左右後輪の歪みの影響を除去するため、車体傾斜角検出手段125を介して検出した車体傾斜角を用いて左右後輪の直径の補正を行う。すなわち、例えば車体が右に傾いている場合は右後輪の直径が実質的に短くなるように補正し、左に傾いている場合は左後輪の直径が実質的に短くなるように補正する。

【0035】次にステップS3に進むと、CPU111は上記ステップS1に引き続いて現在値演算処理部の処理を実行し、以下の演算を行う。

c. 無人車100の現在位置および方位の演算

上記bにおいて求めた左右後輪RLおよびRRの速度に基づいて、前の制御サイクルから現制御サイクルに至るまでの無人車100の移動距離および移動方向を演算する。そして、この演算結果に基づいて無人車100の現在位置および方位を示す情報を更新する。また、現在位置が上述した現在位置確認のための拠点の近傍である場合には、位置認識手段121たるレーザ位置認識装置121aを駆使することにより正確な現在位置および方位を求める。

d. 上記cにより求めた無人車100の現在位置と無人車100が進むべき走行ルートとの間の偏差量 Δy を求める。すなわち、メモリ部112内の経路地図情報を参照し、無人車100の現在位置が各経路番号切替え線によって区分された各区間のいずれの区間に属するかを求める。そして、このようにして求めた区間内の経路を定義する情報を参照し、図9に示すように、当該経路をx軸とするx-y直交座標を想定し、このx-y直交座標における無人車100の現在位置のy座標値 Δy を求める。

e. 上記経路の方向と無人車100の現在の方位との間の偏角 θ を演算する(図9参照)。

f. ハンドル軸Hの回転に伴って操舵角検出手段123により発生されるパルスのカウントを行い、現時点のカウント結果に基づいて操舵角 δ を求める。

【0036】次にステップS4に進むと、CPU111は操舵量演算処理部の処理を実行することとなる。すなわち、ステップS1およびS2において求められた現在の車速 V_i および車体傾斜角 δ_j を現在値演算処理部から受け取り、これらに対応した操舵角規制値 ϕ_{ij} をメモリ部から読み出し、操舵角規制値 ϕ として設定する。

【0037】ステップS4の後にはステップS5、S6と続くが、このステップS5は遠隔操縦モードから自律走行モードへの切替え時のみ実行される処理であり、ステップS6は自律障害物回避モード（後述）においてのみ実行される処理であるため、CPU111の処理はこれらのステップを飛ばしてステップS7へ進み、次いでステップS8へ進むこととなる。

【0038】そして、ステップS8へ進むと、CPU111は図8に示すフローに従い、命令値を計算するための各処理を実行する。まず、ステップS101に進み、操舵量演算処理部の処理を実行し、目標操縦量 α を算出する。以下、図9を参照し、この処理について詳述する。まず、ステップS3において求めた走行ルートからの偏差量 Δy を用い、下記式に従って角度 γ を求める。

$$\gamma = \tan^{-1}(\Delta y^2/Q) \quad (\text{ただし、} Q \text{ は所定の定数})$$

次に上記 γ とステップS3において求めた無人車100の方位の走行ルートからの偏角 θ から下記式に従い、目標操舵角 α を求める。

$$\alpha = -(\gamma + \theta)$$

【0039】次にステップS102に進み、上記ステップS101に引き続いて操舵量演算処理部の処理を実行し、命令操縦量の1つである命令操舵量 $\Delta\beta$ を演算する。すなわち、自律走行モードの場合には、ステップS

$$\text{現在車速} < \text{車速命令値の場合には、} V_n = V_{n-1} + k \quad (\text{一定加速})$$

$$\text{現在車速} > \text{車速命令値の場合には、} V_n = V_{n-1} - k \quad (\text{一定減速})$$

$$\text{現在車速} = \text{車速命令値の場合には、} V^n = V^{n-1} \quad (\text{加速なし})$$

とする。

【0044】以上のようにして、当該制御サイクルにおける命令操縦量（命令操舵量 $\Delta\beta$ 、車速命令値）が求められ、この命令操縦量に従って操縦出力量（操舵速度出力値 ω 、車速出力値 V_n ）とが得られる。そして、処理は図7に示すルーチンに戻り、そのステップS9に進む。このステップS9においては、現在値演算処理部の処理により求めた現在位置、車速、舵角等、走行モード判断処理部113により決定された走行モードを表す情報を車両データとして、通信手段101から遠隔操縦装置50へ向けて送信する。

【0045】次にステップS10に進むと、当該制御サイクルにおいて得られた操舵速度出力値 ω および車速出

101で求めた目標操舵角 α と、ステップS3のfで求めた操舵角規制値 ϕ と、現在の舵角 δ とを用い、 $|\alpha| \geq \phi$ の場合は、

$$\Delta\beta = (\alpha / |\alpha|) \times \phi - \delta$$

なる演算により命令操舵量 $\Delta\beta$ を求め（図10参照）、

$|\alpha| < \phi$ の場合は、

$$\Delta\beta = \alpha - \delta$$

なる演算により命令操舵量を求める（図11参照）。

【0040】次にステップS103に進むと、車速演算処理部の処理を実行し、車速規制値を演算する。すなわち、目標舵角 α に対応した車速規制値、現在舵角 δ に対応した車速規制値および命令操舵量 $\Delta\beta$ に対応した車速規制値をメモリ部112から読み出し、これらの最小値を最終的な車速規制値とする。

【0041】次にステップS104においては、ステップS103に引き続いて車速演算処理部の処理を実行し、命令操縦量の1つである車速命令値を演算する。すなわち、現在走行中の経路に対応した指示車速データを仮の車速命令値とし、車速命令値 \geq 車速規制値ならば、車速命令値=車速規制値とし、車速命令値 $<$ 車速規制値ならば、車速命令値=仮の車速命令値とする。このようにして、ステップS103において求めた車速規制値により規制された車速命令値が得られる。

【0042】次にステップS105に進むと、再び操舵量演算処理部の処理を行い、命令操舵量 $\Delta\beta$ に対応した操舵速度出力値 ω を求める。すなわち、 $\omega = C \times \Delta\beta$ なる演算により仮の ω を求め、 $|\omega| \geq \omega_{\max}$ の場合は、 $\omega = \omega / |\omega| \times \omega_{\max}$ とし、 $|\omega| < \omega_{\max}$ の場合は、 $\omega = \omega$ とする。このようにして、操舵速度出力値 ω が操舵速度限界値 $\pm \omega_{\max}$ の範囲内に制限される。命令操舵量 $\Delta\beta$ と操舵速度出力値 ω との関係を図12に示す。

【0043】次にステップS106に進むと、再び車速演算処理部の処理を行い、車速出力値 V_n を演算する。

すなわち、

力値 V_n を操舵出力部115および車速出力部114を介して操舵制御手段132および車速制御手段131へ各々送る。この結果、操舵速度出力値 ω に従った速度で操舵が行われ、車速が車速出力値 V_n となるように車輪速の制御が行われる。

【0046】以上説明した制御サイクルが以後繰り返される。そして、各制御サイクルにおいて操舵速度出力値 ω および車速出力値 V_n が求められ、無人車100はこれらにより操舵および車速の制御が行われ、走行ルートに沿って移動することとなる。また、各制御サイクルにおいて、操舵速度出力値 ω および車速出力値 V_n を求める過程においては、現在の車速、舵角、車体傾斜角等に基づく命令操縦量の規制が行われ、これにより走行の安

定化が確保される。

【0047】(2) 自律障害物回避走行モード
走行モード判断処理部113は、障害物検出手段125を介して車両前方所定範囲内を常時監視している。そして、車両から遠距離の位置に障害物があることを検知した場合、走行モードを自律障害物回避走行モードとし、この走行モードを表す情報をCPU111へ送る。

【0048】この結果、CPU111は、制御サイクルのステップS1においてこの情報を受信し、ステップS7において走行モードを自律障害物回避走行モードに設定する。これにより、その後の制御サイクルのステップS6において、障害物回避経路演算部の処理を実行することとなる。すなわち、障害物検出手段125を介して車両前方所定範囲内の各位置における障害物の有無を表すマップを作成し、障害物の存在する領域を避けて通る経路を求める。そして、障害物を回避するまでの間は、この処理により求められた障害物回避経路をメモリ部112内の経路地図情報によって定義された走行ルートに代えて使用し、この障害物回避経路に沿って無人車100を進行させるべく操舵角、車速の制御を行う。なお、このように障害物を回避する経路を求める方法については特開平2-300803号公報に開示されている。

【0049】この自律障害物回避走行モードにおいても、自律通常走行モードの場合と同様、車速、操舵角の命令操縦量についての規制が行われる。ただし、このモードの場合、ステップS104においては、現在走行中の経路に対応した指示車速データと障害物回避用指示車速(所定の一定値)とを比較し、いずれか低い方を仮の車速命令値とし、この仮の車速命令値を車速規制値によって規制する。他の手順については、自律通常走行モードの場合と同様である。

【0050】(3) 遠隔操縦通常走行モード
遠隔操縦装置50から操縦モードを遠隔操縦モードに切替える指令が送信されると、この指令は無人車100の通信手段101によって受信され、走行モード判断処理部113に送られる。この結果、走行モード判断処理部113により操縦モードが遠隔操縦モードに切替えられ、さらに障害物が検出されていない場合には走行モードを遠隔操縦通常走行モードとし、この走行モードを表す情報をCPU111へ送る。この結果、CPU111は、制御サイクルのステップS1においてこの情報を受信し、ステップS7において走行モードを遠隔操縦通常走行モードに設定する。

【0051】この遠隔操縦通常走行モードにおいては、原則として遠隔操縦装置50から送られてくる命令操縦量に従って車速出力値および操舵量出力値を決定する。しかしながら、無人車100の操縦を遠隔操縦者の全くの自由に委ねたのでは、坂道における急操舵、大きな舵角での高速走行といった操縦が行われるおそれがある。そこで、この遠隔操縦通常走行モードにおいても、上述

した自律走行モードと同様、現在の車速、舵角、車体傾斜角等に基づいて車速、操舵角に関する規制値を演算し、この規制値による規制の下で車速出力値および操舵量出力値を決定している。以下、本モードでの動作について詳述する。

【0052】上記自律走行モードと同様、CPU111は各制御サイクル毎に現在値演算処理部の処理を実行し(ステップS2、S3)、無人車100の現在における位置、車体傾斜角、車速、方位、操舵角を求める。また、この現在値演算処理部の処理において、CPU111は、無人車100の現在位置とメモリ部112に記憶された走行不可能領域202を定義する情報とを比較し、無人車100が走行不可能領域202に進入したことを検知した場合には走行停止の指示(走行停止モードの設定指示)を走行モード判断処理部113へ出力する。

【0053】そして、制御サイクルのステップS4においては、現在の車速 V_t および車体傾斜角 δ_j に対応した操舵角規制値 ϕ_{tj} をメモリ部から読み出し、操舵角規制値 ϕ として設定する。そして、制御サイクルのステップS8においては、図8に示すフローに従い、命令値を計算する。ただし、遠隔操縦モードにおいては、遠隔操縦装置50から命令操縦量が与えられるため、上記自律走行モードの場合とは若干処理内容が異なる。

【0054】まず、遠隔操縦モードにおいては、遠隔操縦装置50から命令操縦量が与えられるため、目標操舵角 α の演算(ステップS101)は行わない。そして、ステップS102においては、遠隔操縦装置から与えられた命令操舵量(以下、遠隔操縦操舵量)と、舵角規制値 ϕ とを比較し、 $|\text{遠隔操縦操舵量}| \geq \text{舵角規制値 } \phi$ の場合は、

命令操舵量 $\Delta\beta = (\text{遠隔操縦操舵量} / |\text{遠隔操縦操舵量}|) \times \text{舵角規制値 } \phi - \text{現在舵角 } \delta$

$|\text{遠隔操縦操舵量}| < \text{舵角規制値 } \phi$ の場合は、
命令操舵量 $\Delta\beta = \text{遠隔操縦操舵量} - \text{現在舵角 } \delta$

なる演算により命令操舵量 $\Delta\beta$ を求める(図11参照)。

【0055】ステップS103においては、現在舵角 δ に対応した車速規制値および命令操舵量 $\Delta\beta$ に対応した車速規制値をメモリ部112から読み出し、これらの最小値を最終的な車速規制値とする。本モードにおいては、目標舵角 α の演算を行わないので、これに対応した車速規制値も考慮しない。

【0056】次にステップS104においては車速命令値を演算するが、現在走行中の経路に対応した指示車速データではなく、遠隔操縦装置50から与えられた車速についての命令操縦量を仮の車速命令値とし、この仮の車速命令値を車速規制値によって規制することにより車速命令値を決定する。

【0057】ステップS105、S106については、

上記自律走行モードと全く同様であり、図7におけるステップS9、S10の処理も上記自律走行モードと全く同様ある。

【0058】このように遠隔操縦モードにおいても、自律走行モードの場合と同様に、車速、車体傾斜角に対応した操舵量の規制、操舵量等に対応した車速の規制が行われるため、不適切な遠隔操縦が防止される。

【0059】(4) 遠隔操縦減速走行モード

無人車100が遠隔操縦通常走行モードにて走行している際、遠距離にある障害物が障害物検出手段125によって検出されると、走行モード判断処理部113は走行モードを遠隔操縦減速走行モードとし、この走行モードを表す情報をCPU111へ送る。この結果、CPU111は、制御サイクルのステップS1においてこの情報を受信し、ステップS7において走行モードを遠隔操縦減速走行モードに設定する。

【0060】この遠隔操縦減速走行モードにおいては、各制御サイクルのステップS6において、上述した自律障害物回避走行モードと同様、障害物回避経路を求める。そして、障害物を回避するまでの間は、この処理により求められた障害物回避経路をメモリ部112内の経路地図情報によって定義された走行ルートに代えて使用し、この障害物回避経路に沿って無人車100を進行させるべく操舵角、車速の制御を行う。

【0061】すなわち、車速の制御については、遠隔操縦装置から与えられた遠隔操縦量の車速値と、障害物回避用の指示車速値とを比較していずれか低い方を仮の車速命令値とし、この仮の車速命令値と舵角に対する車速規制値とを比較し、車速命令値 \geq 車速規制値ならば、車速命令値=車速規制値とし、車速命令値<車速規制値ならば、車速命令値=仮の車速命令値とする。このようにして、ステップS103において求めた車速規制値により規制された車速命令値が得られる。

【0062】また、操舵角の制御については、遠隔操縦装置から与えられた遠隔操縦操舵量と、舵角規制値 ϕ とを比較し、 $|\text{遠隔操縦操舵量}| \geq \text{舵角規制値}\phi$ の場合は、
命令操舵量 $\Delta\beta = (\text{遠隔操縦操舵量} / |\text{遠隔操縦操舵量}|) \times \text{舵角規制値}\phi - \text{現在舵角}\delta$
 $|\text{遠隔操縦操舵量}| < \text{舵角規制値}\phi$ の場合は、
命令操舵量 $\Delta\beta = \text{遠隔操縦操舵量} - \text{現在舵角}\delta$
なる演算により命令操舵量 $\Delta\beta$ を求める(図11参照)。

【0063】また、この遠隔操縦減速走行モードにおいても、上記遠隔操縦通常走行モードの場合と同様、車速、操舵角の命令操縦量についての規制を行う。すなわち、各制御サイクル毎に、現在の車速 V_i および車体傾斜角 δ_j に対応した操舵角規制値 ϕ を設定し(ステップS4)、遠隔操縦装置から与えられる命令操縦量(遠隔操縦操舵量)を舵角規制値 ϕ によって規制することによ

り命令操縦量 $\Delta\beta$ を求める(ステップS102)。そして、現在舵角 δ に対応した車速規制値および命令操縦量 $\Delta\beta$ に対応した車速規制値をメモリ部112から読み出し、これらの最小値を最終的な車速規制値とする(ステップS103)。そして、遠隔操縦装置50から与えられた車速についての命令操縦量と障害物回避用指示車速値とを比較していずれか低い方を仮の車速命令値とし、この仮の車速命令値を車速規制値によって規制することにより車速命令値を決定する(ステップS104)。

【0064】(5) 走行停止モード

遠隔操縦装置50から走行停止の指示が与えられた場合、近距離にある障害物が障害物検出手段125によって検出された場合あるいは走行不可能領域への無人車100の進入がCPU111の現在値演算処理部の処理において検出された場合、走行モード判断処理部113は走行モードを走行停止モードとする。この走行停止モードが設定された場合、車速命令値は強制的に0とする。また、命令操舵量は以下のように決定する。 $|\text{現在舵角}\delta| \geq \text{舵角規制値}\phi$ の場合は、
命令操舵量 $\delta\beta = (\text{現在舵角}\delta / |\text{現在舵角}\delta|) \times \text{舵角規制値}\phi - \text{現在舵角}\delta$
 $|\text{現在舵角}\delta| < \text{舵角規制値}\phi$ の場合は、
命令操舵量 $\delta\beta = 0$

【0065】(6) 遠隔操縦モードから自律走行モードへの移行時

遠隔操縦モードから自律走行モードへの切替えの指示が遠隔操縦装置50から与えられると、走行モード判断処理部113は走行モードを自律通常走行モードとする。ただし、このモード切替えが行われた初期段階においては、上記自律通常走行モードとは処理内容が一部異なったものとなる。すなわち、制御サイクルのステップS5において、自律走行復帰経路演算処理部の処理を行う。この処理では、無人車100の現在位置から走行可能領域を通過して走行ルートへ戻る最短の距離を検索し、最短距離となる経路の番号を求める。この最短距離が所定の許容値以上になった場合には復帰すべき経路の番号を不定とし、走行を停止させる。許容値以下の場合は、復帰すべき経路を目標経路とした自律走行が行われ、無人車100は走行ルートに復帰することとなる。この様子を図4を参照して説明する。まず、自律走行モードに切替わった時点において無人車100が経路番号変更線から離れた位置Q1にあったとする。この場合には、現在位置Q1から最短距離にある経路P3を復帰すべき目標経路とする。この場合、上述した通常自律走行モードでの処理が行われることにより、現在位置Q1に対応した適切な目標操舵量、命令操舵量が演算され、これに基づいて適切な操舵が行われ、無人車100は経路P3へ復帰することとなる。これに対し、自律走行モードに切替わった時点において無人車100が経路番号変更線に近い位置Q2にある場合には、無人車100が経路P3の区間

内にある期間は経路P3およびその仮想延長線が復帰すべき目標経路とされ、経路P4の区間内にある期間は経路P4が復帰すべき目標経路とされる。以上のように、遠隔操縦モードから自律走行モードへのモード切替時に無人車100が走行ルートから所定の距離以内にある場合は、自動的に走行ルートに復帰される。

【0066】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1に係る発明によれば、遠隔操縦モードにおいても、自律走行モードと同様、車両の状態に見合った適切な規制が命令操縦量に適用されるため、斜面における急操舵等といった不適切な遠隔操作が防止され、遠隔操縦者の操作に関する負担が軽減されるという効果が得られる。また、請求項2に係る発明によれば、走行不可能領域への無人車の進入が防止されるので、運用上の安全性が向上するという効果が得られる。また、請求項3に係る発明によれば、遠隔操縦モードから自律走行モードへのモード切替えのみにより、無人車が自動的に所定の走行ルートへ復帰するので、遠隔操縦者の負担はさらに軽減される。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の一実施例による無人車システムの構成を示すブロック図である。

【図2】 同実施例において無人車に取り付けられた各種センサ類を説明する図である。

【図3】 同実施例における経路地図情報の内容を説明する図である。

【図4】 同実施例における経路地図情報の内容を説明する図である。

【図5】 同実施例における舵角規制値マップを示す図である。

【図6】 同実施例における走行モードを決定するためのデシジョンテーブルを示す図である。

【図7】 同実施例の動作を説明するフローチャートである。

【図8】 同実施例の動作を説明するフローチャートである。

【図9】 同実施例における目標操舵角の演算を説明する図である。

【図10】 同実施例における命令操舵量の演算を説明する図である。

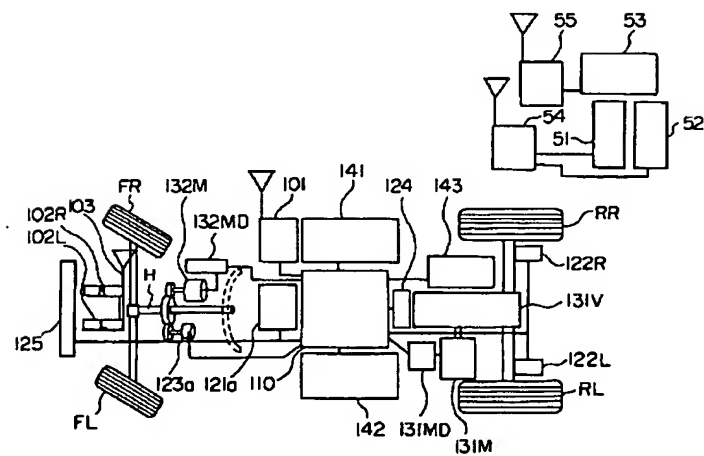
【図11】 同実施例における命令操舵量の演算を説明する図である。

【図12】 同実施例における操舵速度出力値の演算を説明する図である。

【符号の説明】

50……遠隔操縦装置、100……無人車、121……位置認識手段、122……車輪回転速検出手段、123……操舵角検出手段、124……車体傾斜角検出手段、125……障害物検出手段、131……車速制御手段、132……操舵制御手段、110……コントローラ、111……CPU、112……メモリ部、113……走行モード判断処理部。

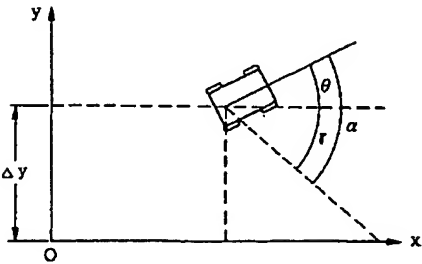
【図2】



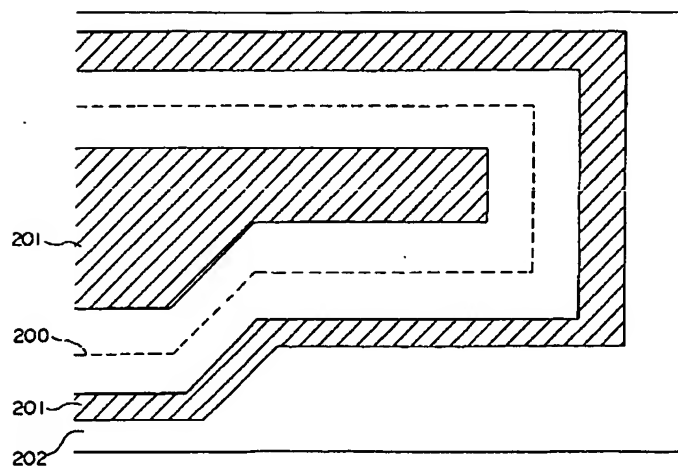
【図5】

σ	σ_0	σ_1	σ_2	σ_3	σ_n
V	ϕ_{00}	ϕ_{01}	ϕ_{02}	ϕ_{03}	ϕ_{0n}
V_1	ϕ_{10}	ϕ_{11}	ϕ_{12}	ϕ_{13}	ϕ_{1n}
V_2	ϕ_{20}	ϕ_{21}	ϕ_{22}	ϕ_{23}	ϕ_{2n}
V_n	ϕ_{n0}	ϕ_{n1}	ϕ_{n2}	ϕ_{n3}	ϕ_{nn}

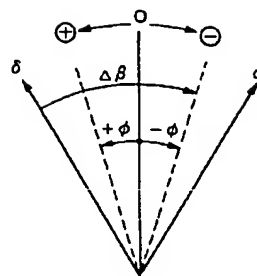
【図9】



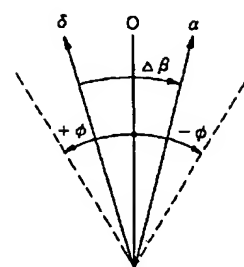
【図3】



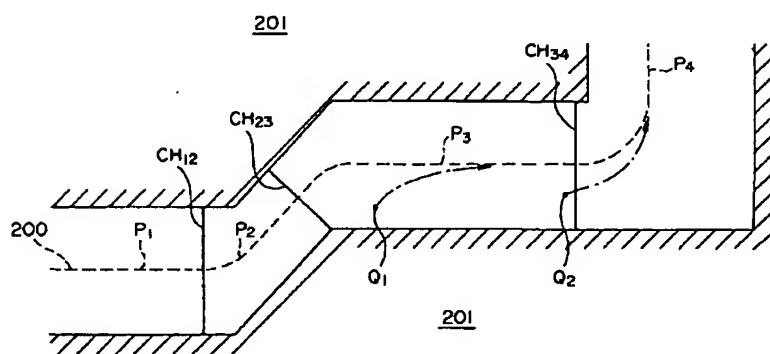
【図10】



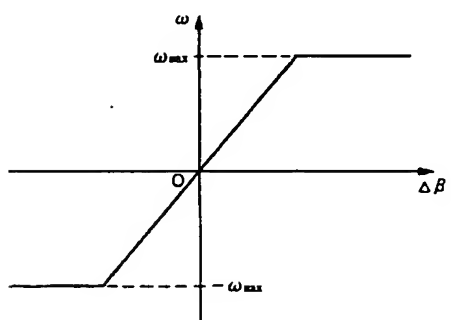
【図11】



【図4】



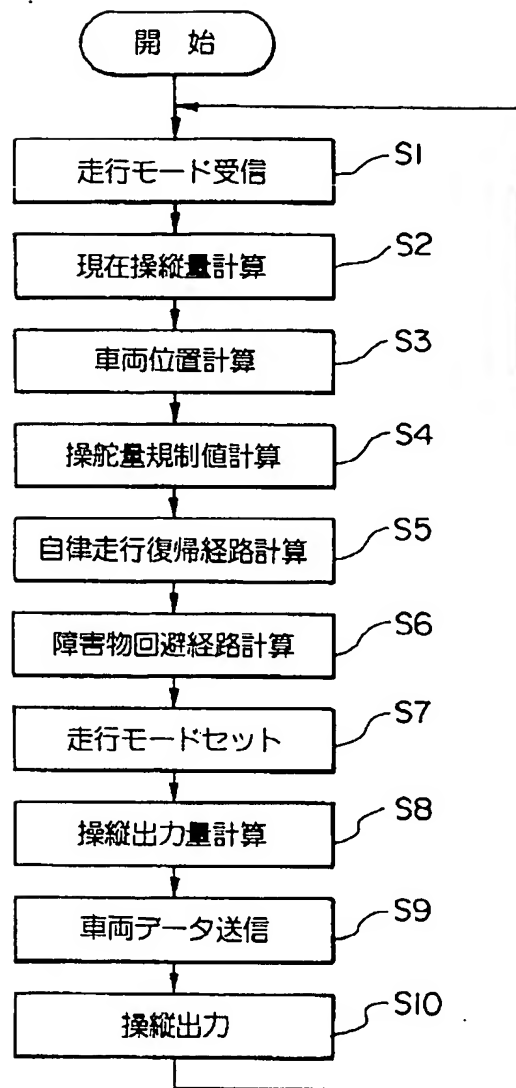
【図12】



【図 6】

地図情報による走行可否	操縦モード	障害物検出モード	走行モード
可	停止		走行停止
	自律走行	検出無し	自律通常走行
		遠距離検出	自律障害物回避
		近距離検出	走行停止
	遠隔操作	検出無し	遠隔操縦通常走行
		遠距離検出	遠隔操縦減速走行
		近距離検出	走行停止
否			走行停止

【図7】



【図8】

